



10/505338

KONGERIKET NORGE
The Kingdom of Norway

PCTNO 03700068

REC'D 21 MAR 2003

WIPO

PCT

Bekreftelse på patentsøknad nr
Certification of patent application no

2002 0901

Det bekreftes herved at vedheftede dokument er nøyaktig utskrift/kopi av ovennevnte søknad, som opprinnelig inngitt 2002.02.25

It is hereby certified that the annexed document is a true copy of the above-mentioned application, as originally filed on 2002.02.25

2003.02.27

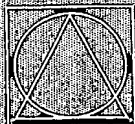
Freddy Strømmen

Freddy Strømmen
Seksjonsleder

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Line Reum

Line Reum



PATENTSTYRET®
Styret for det industrielle rettsvern

16

PATENTSTYRET

02-02-25*20020901

AF/KLH/104991

2002-02-25

Patentsøknad nr.:

Patentsøker:

SINTEF Elektronikk og Kybernetikk

Tittel:

" Fjærvekt "

Foreliggende oppfinnelse angår en fjærvekt, og nærmere bestemt en fjærvekt som omfatter en lastplate opphengt med minst tre bøyefjærer i en omgivende ramme, og med brokoplede strekkmålere anordnet for måling av strekk på en side av bøyefjærene. Anvendelsesområdet for fjærvekten ifølge oppfinnelsen er fortrinnsvis innen mikroveiing, dvs. ved veiing av objekter med masse i μg - og mg-området. Slike mikro-fjærvekter er nyttige bl.a. i biologiske, kjemiske og farmasøytiske laboratorier, hvor det kan være nødvendig å måle svært små vekter.

En fjærvekt av en type som er konstruksjonsmessig noe beslektet med foreliggende oppfinnelse, er kjent fra US patent nr. 3,966,003. I patentet er en sentral lastplate opphengt i fire parallelle bøyebjelker, og bøyebjelkene er utstyrt med strekkmålere som er koplet i en Wheatstone-bro. Bøyebjelkene er utformet i ett med lastplaten og i ett med to endestykker som igjen er innfestet i et rammeverk. Denne vekten er ment for veiing av kjøretøyer, dvs. for mottak av et kjøretøyhjul på lastplaten, og vekten er fortrinnsvis utformet i metall for å tåle høye vekter. Det dreier seg altså ikke om noen "mikrovekt".

Også US patent nr. 4,726,436 viser, i likhet med US 3,966,003, en fjærvekt for veiing av kjøretøyer, dvs. store tyngder. Særskilte bøyebjelker forbinder her en sentral lastplate med et omgivende rammeverk, i en geometri som ellers ligner på geometrien i US 3,966,003. Lastplaten består av metall, keramikk, plast eller lignende.

Fra EP-0 014 460-B1 er kjent en personvekt (badevekt) av konstruksjonsmessig samme generelle type som nevnt innledningsvis. Særlig den utførelsesform som fremgår av publikasjonens fig. 4, oppviser en struktur som er interessant med hensyn på korrekt måling, ved at bøyebjelkene som lastplaten er opphengt i, er anordnet slik at lastplaten vil rotere litt om en vertikal akse når den presses ned av en last, og derved holdes bøyebjelkenes lengder omtrent konstante istedenfor å strekkes. Dette oppnås ved at bøyebjelkene er anordnet langsetter sidene av lastplaten på ensartet måte.

Alle de ovennevnte fjærvektene er imidlertid laget for å veie relativt høye vekter, fra person-området og oppover, og er ikke egnet for å veie i mikro-området, dvs. vekter i μg -området og opp til ca. 1000 mg. Innenfor et slikt

mikrovekt-område, stilles det særskilte krav til fjærmykhet, håndterbarhet, nøyaktighet og stabilitet.

En mikrovekt laget i halvledermateriale, spesielt i silisium, er kjent fra US 4,960,177. I denne løsningen benyttes en hel membran som fjærelement rundt en sentral lastplate, og en kapasitiv metode benyttes for utlesning av tyngde. Patentet
 5 nevner imidlertid alternative løsninger som bøyefjærer til erstatning for membranen, og en piezoresistor-teknikk med brokopling for utlesning av tyngde. Disse alternativene nevnes imidlertid bare generelt.

Foreliggende oppfinnelse tar sikte på å tilveiebringe en konstruksjon som, i likhet med US 4,960,177 er spesielt tilpasset mikro-veieområdet, men som
 10 gjennom sin geometriske konstruksjon vil gi forbedrede egenskaper.

I henhold til oppfinnelsen er det således tilveiebrakt en fjærvekt slik som nevnt innledningsvis, og som kjennetegnes ved at bøyefjærene strekker seg i rekkefølge langs hovedsakelig hele lastplatens periferi i en spalte mellom
 15 lastplaten og rammens innerkant, og ved at hver bøyefjærs festepunkt på lastplaten er anordnet hovedsakelig rett overfor eller forbi et festepunkt på rammens innerkant for en neste bøyefjær i rekkefølgen. Gjennom disse spesielle trekkene oppnås en mikrovekt med mykhet som er tilpasset veiing i mikroområdet, bedret stabilitet, svært god linearitet og ufølsomhet når det gjelder plasserings-
 20 punkt for lasten på lastplaten

I en viktig utførelsesform av foreliggende oppfinnelse er lastplaten, bøyefjærene og rammen utformet som ett eneste, mikromaskinert eller etset faststoff-stykke. Fortrinnsvis er faststoff-stykket av silisium. Strekkmålerne kan være integrerte i faststoff-stykket.

25 Strekkmålerne er fortrinnsvis piezoresistive motstander.

Fortrinnsvis har hver bøyefjær en strekkmåler anordnet på en overgang mellom bøyefjæren og rammen eller lastplaten.

I en gunstig utførelsesform av oppfinnelsen er lastplaten hovedsakelig kvadratisk.

30 Bøyefjærene kan ligge parallelt med henholdsvis sidekanter på lastplaten. Bøyefjærenes lengder kan da være hovedsakelig like lange som nærmeste sidekanter på lastplaten.

I en foretrukket utførelsesform hviler rammen, som fortrinnsvis har noe større tykkelse enn lastplaten og bøyefjærene, på et substrat som rager inn under lastplaten for å kunne fungere som endestopp for lastplatens utslag nedover, og rammen er også festet til substratet. Substratet er eventuelt utstyrt med en sentral
 5 åpning under lastplaten for inspeksjon og rengjøring. Substratet kan være av glass, og kan være festet til rammen ved hjelp av anodisk bonding.

I en foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen er et tak over lastplaten festet perifert på rammen, og har en sentral åpning over lastplaten for plassering av gjenstander som skal veies, og har tilleggsfunksjon som endestopp for last-
 10 platens eventuelle utslag oppover. Taket kan være av glass, og kan være festet til rammen ved hjelp av anodisk bonding.

Antallet bøyefjærer er fortrinnsvis fire.

Den mekaniske strukturen som utgjøres av lastplate, bøyefjærer og ramme, oppviser fortrinnsvis fire-tallig rotasjonsymmetri om et punkt midt på lastplaten.

15 Lastplaten og rammens innerkant har hovedsakelig komplementær form.

I det følgende skal oppfinnelsen omtales i nærmere detalj ved å se på eksempelvis utførelsesformer av oppfinnelsen, og det vises i denne sammenheng til de vedføyde tegningene, hvor

fig. 1 viser skjematisk en foretrukket utforming av en fjærvekt ifølge
 20 oppfinnelsen, sett rett ovenfra,

fig. 2, 3 og 4 viser, på samme måte som fig. 1, alternative utforminger av en fjærvekt ifølge oppfinnelsen,

fig. 5 viser skjematisk samme utforming som i fig. 1, i tverrsnitt sett fra siden, og med omgivende detaljer,

25 fig. 6 viser det samme som i fig. 5, men i en situasjon med last påført på vekten,

fig. 7 viser samme situasjon som i fig. 6, men sett i perspektiv, og uten omgivende detaljer,

fig. 8 viser en ferdig mikrovekt i henhold til samme utførelsesform av oppfinnelsen som i fig. 1, sett i perspektiv og med kompletterende detaljer, og
 30

fig. 9 viser et eksempel på brokopling av sensorelementene som benyttes i fjærvekten ifølge oppfinnelsen.

I sin best eksemplifiserte utførelsesform er foreliggende oppfinnelse en liten fjærvekt som er etset eller mikromaskinert ut fra et sammenhengende halvleder-stykke, fortrinnsvis silisium. Den teknologi som foreligger når det gjelder halvleder-teknikk, benyttes altså her til å frembringe en gjenstand som ikke først og fremst skal fungere slik som halvledere vanligvis gjør, nemlig som elementer som påvirker strøm og spenningssignaler, men derimot som en mekanisk fjærvekt. Sentralt fremstilles det således med denne type teknikk en lastplate, som via minst tre bøyebjelker/bøyefjærer henger sammen med en omgivende ramme, og alt er i planar konfigurasjon og sammenhengende som ett stykke. (I en foretrukket utførelsesform benyttes imidlertid også halvledermaterialets og halvleder-teknologiens egenskaper på mer "vanlig" måte, nemlig ved at sensorelementene som benyttes for å detektere belastning, er utformet som elementer som er integrert i selve halvledermaterialet.)

Men fjærvekten ifølge oppfinnelsen er i sin mest generelle og grunnleggende utførelsesform ikke begrenset til å være hverken i et eneste stykke eller laget av halvledermateriale, det er hovedsakelig den geometriske utformingen av vekten, med lange bøyefjærer i suksesjon rundt lastplatens kant, som er det sentrale trekk ved oppfinnelsen. Lastplaten er hovedsakelig omgitt av slike bøyefjærer. Rent generelt vil i henhold til dette mange geometriske utforminger kunne benyttes, så lenge den sentrale lastplaten er opphengt i minst tre bøyefjærer som forbinder lastplaten med en omgivende ramme. En utforming med fire bøyefjærer er imidlertid å foretrekke, av grunner som vil bli omtalt senere.

Men henvisning til fig. 1 vises skjematisk, og sett rett ovenfra, en foretrukket og eksempelvis utførelsesform av en fjærvekt ifølge foreliggende oppfinnelse. En halvlederskive, i eksempelet i form av et kvadrat, har i sentrum en lastplate 1 som det som skal veies, legges på. Lastplaten 1 henger i en ramme 2 ved hjelp av bøyebjelker eller bøyefjærer 3, som i det viste eksempelet er anordnet langs hver sidekant av lastplaten, og slisser 5, 6 er etset eller maskinert for å tilveiebringe bøyebjelkene 3, slik at en slisse har en del 5 på utsiden av en bøyebjelke 3, og en fortsettelses-del 6 som er på innsiden av neste bøyebjelke 3. Bøyebjelkene 3 blir ved en slik konstruksjon relativt lange og myke, dvs. lastplaten 1 kan gis et dypt utslag. Hver bøyebjelke 3 ligger i en spalte mellom rammen 2 og lastplaten 1, som defineres av slissedelene 5 og 6. Hver bøyebjelke 3 har et festepunkt 7 til

lastplaten 1 som ligger vis à vis en tilstøtende bøyebjelkes festepunkt 8 til rammen 2.

Henvisningstall 4 betegner sensorer for registrering av last på lastplaten 1. Med en last vil lastplaten 1 synke (i synsretning ned under papirplanet i fig. 1), og bøyebjelkene 3 vil bøye seg og anta en S-lignende form. Lastplaten vil da samtidig dreie seg litt om en akse normalt på lastplatens plan, fordi bjelkenes lengde stort sett er konstant.

Med den nevnte S-formen i en lastsituasjon, vil de høyeste mekaniske spenningene i bøyebjelkene 3 være å finne i overgangspartiene til rammen 2 og lastplaten 1 (dvs. ved festepunktene 7 og 8), og det er derfor gunstig å montere strekkfølere 4 for eksempel slik som vist i fig. 1. Alternativt kan strekkfølerne altså monteres på overgangene til lastplaten istedenfor på overgangene til rammen, men det vil da kreves lengre ledningsføring fra strekkfølerne og ut til signalbehandlingsutstyret.

Slik strekkfølerne 4 er vist montert i fig. 1, er alle fire følere stilt i samme retning, med hensyn på optimalisering for kopling av følerne i en Wheatstone-bro. Følerne kan også monteres annerledes, for eksempel kan to av dem vris 90° i forhold til de to andre, og brokoplingen må da modifiseres litt.

I fig. 2 vises et geometrisk alternativ til løsningen i fig. 1, nemlig med en hovedsakelig sirkelformet lastplate 1 innenfor en sirkelformet åpning i en ramme 2. Buede bøyebjelker 3 har festepunkter 7 og 8 til henholdsvis lastplaten og rammen, og festepunktene ligger rett overfor hverandre, dvs. lastplate-festepunkt 7 for en bøyebjelke ligger vis à vis ramme-festepunkt 8 for en neste bøyebjelke i rekken av bøyebjelker rundt langs lastplatens periferi. Også her er det vist fire bøyebjelker, men det fremgår klart at det like gjerne kunne ha vært flere slike bøyebjelker, oppsatt etter samme prinsipp. Tre bøyebjelker kunne også benyttes, mens bare to bøyebjelker vil gi et stabilitetsproblem, og ikke er å anbefale. Strekkfølere er utelatt i fig. 2, men de skal selvfølgelig være på for eksempel bøyebjelkenes festepunkter 8 til rammen, dvs. der hvor overflate-stresset er høyest ved veiing.

I en videre utvikling av den i fig. 2 viste varianten kan de buede bøyefjærene overlappe hverandre, slik at en bøyefjær fortsetter forbi det ytre startpunktet for neste bøyefjær før den finner sitt festepunkt til lastplaten. (Dette er ment angitt i uttrykket "eller forbi" i det vedføyde krav 1.) Oppfinnelsen omfatter

således også tilfeller med bøyefjærer som "spiralerer" forbi/langs hverandre i spalten mellom lastplaten og rammen. Dette gjelder også andre konfigurasjoner enn en sirkelformet konfigurasjon, selv om slike konfigurasjoner vil være vanskelige å fremstille som praktisk brukbare løsninger.

5 I fig. 3 vises en annen mulig fasong, nemlig med en trekantet lastplate 1 og tre bøyebjelker 3 mellom lastplaten og rammen 2, og med festepunkter 7, 8 etter samme prinsipp som nevnt ovenfor. Strekkfølere montert for eksempel i de tre festepunktene 8 (men ikke vist i figuren) vil være koplet i en modifisert brokopling. (En blant flere koplingsmuligheter er som følger: En fullbro tilveiebringes ved å
10 anbringe fire strekkfølere (i form av motstander) på hver bøyebjelke, og så kople sammen en motstand fra hver bjelke slik at de tre til sammen danner en av broens fire motstander – og så tilsvarende for de andre tre bro-motstandene.)

Fig. 4 viser en ytterligere variant, hvor de indre slissene 6 rundt lastplaten 1 er gitt en annerledes fasong enn i fig. 1, men hvor fortsatt festepunktene 7 og 8
15 anses å ligge rett overfor hverandre. (Ved en videre utvikling av en slik formforandring som fra fig. 1 til fig. 4, vil imidlertid definisjonen av oppfinnelsen forlates når festepunkt 7 nærmer seg midten av rammens indre kantside.) En ser således at et antall geometriske utforminger tilfredsstiller oppfinnelsens betingelser.

20 Fig. 5 viser skjematisk et tverrsnitt gjennom en sentral del av en fjærvekt ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen. Ut fra en utgangsskive av silisium er det ved hjelp av vanlig kjent halvlederbearbeidingsteknikk tilveiebrakt en enhetlig struktur 9 med plan øvre overflate og med et fortynnet sentralområde hvor lastplaten 1 defineres ved hjelp av (ikke synlige) slisser, slik som vist i fig. 1-4.
25 Ramme-området 2 utenfor/rundt lastplaten 1 kan ha atskillig større tykkelse, slik det fremgår av figuren.

I den utforming som vises i fig. 5, er det dessuten anordnet en basisdel 10, her av glass. Fortrinnsvis er basisdelen festet til rammen 2 ved bruk av såkalt "anodisk bonding". Ved at basisdelen 10 strekker seg inn under lastplaten 1,
30 danner den en utslagsbegrensning for lastplaten 1, og har altså en sikkerhetsfunksjon. (Uten slik utslagsbegrensning kunne bøyefjærene 3 ryke dersom en for stor vekt ble lagt på lastplaten ved et uhell.) I den viste utførelsesformen er

dessuten basisdelen 10 utstyrt med en sentral åpning 12 med hensyn på inspeksjon og rengjøring.

I overkant av selve vekten er det anbrakt et tak 11 som har funksjon som endestopp for eventuelle utsving oppover for lastplaten 1. Taket 11 fungerer også som beskyttelse på oversiden. Det er imidlertid en sentral åpning 13 i taket for at man skal kunne legge et objekt som skal veies, på lastplaten, idet taket 11 i den viste utførelsesformen er festet fast til silisium-basisdelen 9. Et foretrukket materiale for takdelen 11 er glass. Henvisningstall 14 viser til en kontaktseksjon for signalledninger fra strekkfølerne.

Fig. 6 viser så det samme som fig. 5, men i et tilfelle hvor en (ikke vist) vekt/masse tynger ned lastplaten 1. Her fremgår således bøyebjelkene 3 slik at to slike (det antas her en kvadratisk form slik som i fig. 1) ses fra siden og oppviser S-form, mens to ses "rett imot" på lastplatens ytterender.

Fig. 7 viser i perspektiv en simulering av en veiesituasjon med en mikrovekt ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen, dvs. en utførelsesform slik som vist i fig. 1 og 6. Bevegelsesprinsippet med de lange bøyefjærene i S-form og samtidig en svak rotasjon av lastplaten, fremgår av figuren.

I fig. 8 vises et fotografi av en ferdig laget mikrovekt ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen, med kvadratisk lastplate slik som i fig. 1. Lederbaner fra strekkfølerne fremgår som lyse striper under det gjennomsiktige glasstaket. Lederbanene er frembrakt ved "sputring" og etterfølgende fotolitografisk mønstring. Utformingen er forøvrig i henhold til det som vises i fig. 5 og 6. Fremstillingsprosessen er til en viss grad beskrevet i artikkelen "The Nordic Manufacturing Cluster in Europractice is entering its second phase", Stein I. Hansen, Karin Hermansson, Geir U. Jensen og Alan H. Boyd, MST News 2/2000 side 16-18.

Fig. 9 viser et eksempel på en brokrets som kan benyttes for tilveiebringelse av måleresultat ved veiing med vekten ifølge oppfinnelsen. Brokretsen som vises, er en Wheatstone-bro tilpasset tilfellet som vises i fig. 1, hvor alle strekkfølerne 4 er montert i samme retning. Strekkfølerne er altså i form av motstander 4 i fig. 9, og Wheatstone-brokretsen kompletteres med en strømkilde (batteri) 15 og et måleinstrument 16. Dette er en krets av standard type, men som tidligere nevnt, for eksempel i forbindelse med fig. 3, kan andre brokrets-varianter

benyttes i tilknytning til andre utførelsesformer med andre oppstillinger av strekkfølere.

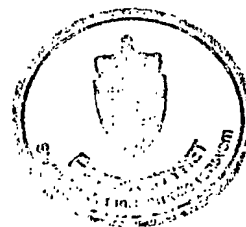
5 Når vektens lastplate 1 blir belastet ved veiing, måler man egentlig bøy i bøyebjelkene. Dette gjøres ved å måle strekk på toppen av bøyebjelkene. Bjelken strekkes på en side og komprimeres på motsatt side. Omtrent samme funksjonalitet og følsomhet oppnås ved å legge strekkmålerne på overgangen mellom bøyebjelke og lastplate, som ved overgangen mellom bøyebjelke og ramme. Men sistnevnte tilfelle er å foretrekke på grunn av enklere ledningsføring.

10 Strekkfølerne 4 kan anbringes som separate følere oppå de aktuelle overgangsstedene (festepunktene 8 eller 7), ved deponering og mønstring, eller ved liming av ferdige motstander. Eventuelt kan strekkfølere i form av piezomotstander utformes som en integrert del av silisium-strukturen, anbrakt som et overflate-element, eller man kan benytte såkalt "SOI"-teknologi for å anbringe en piezomotstand oppå silisiumstrukturen.

15 Det anses som en foretrukket løsning for oppfinnelsen å benytte fire bøyebjelker. Det er tre grunner for dette, nemlig:

1. I en Wheatstone-bro av standard type inngår fire motstander,
2. For å få en stabil lastplate er det ønskelig med tre eller flere bjelker, og samtidig er det ønskelig med lange bjelker for å øke mykheten, dvs. ikke for 20 mange bjelker.
3. For en mikrovækt fremstilt av silisium, er det et poeng at silisium (100)-skiver har firetallig symmetri, og dette medfører at piezomotstandene bør ligge langs [011]- eller [011]-retningene.

25 Innen silisium-teknologien er det således vanskelig å tenke seg noen mer fornuftig løsning enn med fire bøyebjelker.



PATENTKRAV

1. Fjærvekt, omfattende en lastplate opphengt med minst tre bøyefjærer i en omgivende ramme, og med brokoplede strekkmålere anordnet for måling av strekk
5 på en side av bøyefjærene,
karakterisert ved at bøyefjærene strekker seg i rekkefølge langs hovedsakelig hele lastplatens periferi i en spalte mellom lastplaten og rammens innerkant, og at hver bøyefjærs festepunkt på lastplaten er anordnet hovedsakelig rett overfor eller forbi et festepunkt på rammens innerkant for en neste bøyefjær i
10 rekkefølgen.
2. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at lastplaten, bøyefjærene og rammen er utformet som ett eneste, mikromaskinert eller etset faststoff-stykke.
15
3. Fjærvekt ifølge krav 2,
karakterisert ved at faststoff-stykket er av silisium.
4. Fjærvekt ifølge krav 2,
20 karakterisert ved at strekkmålerne er integrerte i faststoff-stykket.
5. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at strekkmålerne er piezoresistive motstander.
- 25 6. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at hver bøyefjær har en strekkmåler anordnet på en overgang mellom bøyefjæren og rammen eller lastplaten.
7. Fjærvekt ifølge krav 1,
30 karakterisert ved at lastplaten er hovedsakelig kvadratisk.

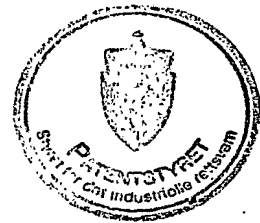
8. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at bøyefjærene ligger parallelt med henholdsvis
sidekanter på lastplaten.
- 5 9. Fjærvekt ifølge krav 7 eller 8,
karakterisert ved at bøyefjærene har lengder hovedsakelig like lange
som nærmeste sidekanter på lastplaten.
- 10 10. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at rammen, som fortrinnsvis har noe større tykkelse
enn lastplaten og bøyefjærene, hviler på og er festet til et substrat som rager inn
under lastplaten for å kunne fungere som endestopp for lastplatens utslag
nedover, hvilket substrat eventuelt er utstyrt med en sentral åpning under
lastplaten for inspeksjon og rengjøring.
- 15 11. Fjærvekt ifølge krav 10,
karakterisert ved at substratet er av glass, og er festet til rammen ved
hjelp av anodisk bonding.
- 20 12. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved et tak over lastplaten, festet perifert på rammen, med
sentral åpning over lastplaten for plassering av gjenstander som skal veies, og
med tilleggsfunksjon som endestopp for lastplatens eventuelle utslag oppover.
- 25 13. Fjærvekt ifølge krav 12,
karakterisert ved at taket er av glass, og er festet til rammen ved hjelp
av anodisk bonding.
- 30 14. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at antallet bøyefjærer er fire.

15. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at den mekaniske struktur som utgjøres av lastplate,
bøyefjærer og ramme oppviser 4-tallig rotasjonssymmetri om et punkt midt på
lastplaten.

5

16. Fjærvekt ifølge krav 1,
karakterisert ved at lastplaten og rammens innerkant har hovedsakelig
komplementær form.

10



SAMMENDRAG

En fjærvekt, spesielt for veiing av vekter i μg -mg-området, omfatter en lastplate opphengt med minst tre bøyefjærer i en omgivende ramme, og har brokoplede strekkmålere anordnet for måling av strekk på en side av bøyefjærene. Bøyefjærene strekker seg i rekkefølge langs hovedsakelig hele lastplatens periferi i en spalte mellom lastplaten og rammens innerkant, og hver bøyefjærs festepunkt på lastplaten er anordnet hovedsakelig rett overfor eller forbi et festepunkt på rammens innerkant for en neste bøyefjær i rekkefølgen. Fjærvekten er fortrinnsvis laget i ett stykke, og frembrakt med halvleder-prosessteknikk.

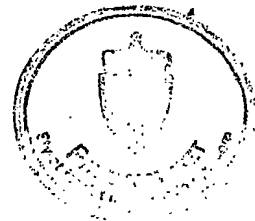


Fig. 1

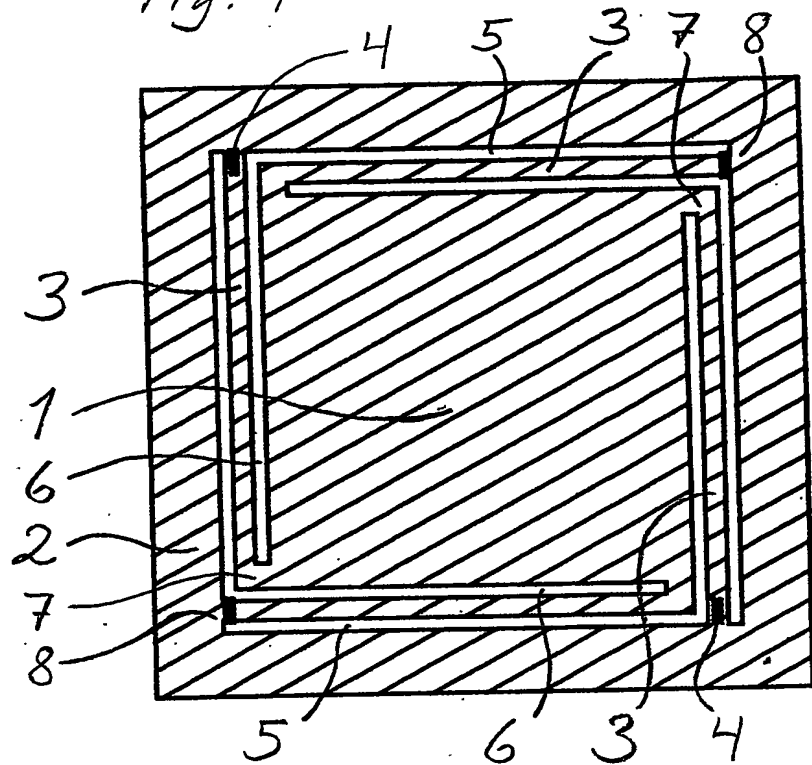


Fig. 2

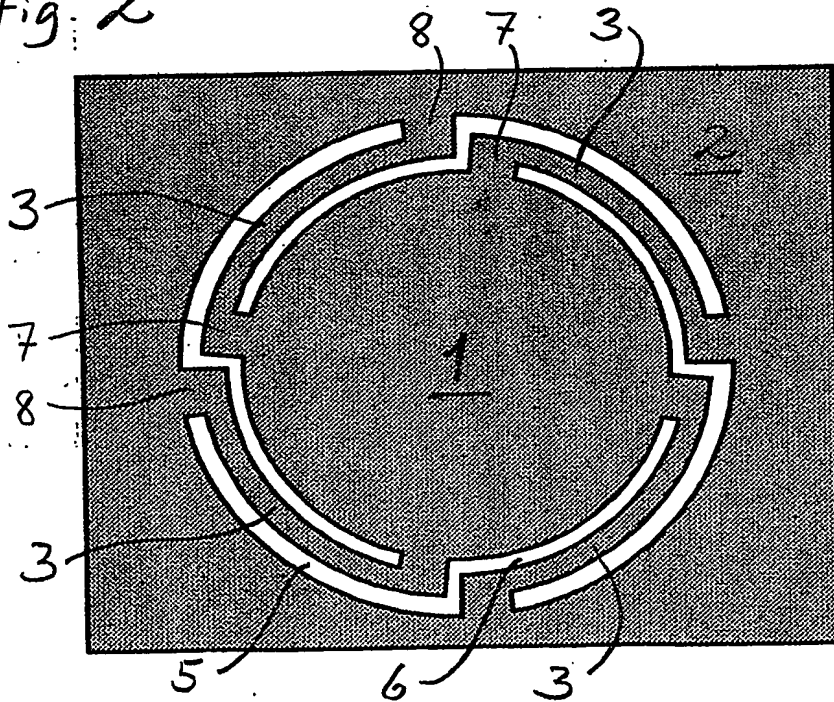


Fig. 3

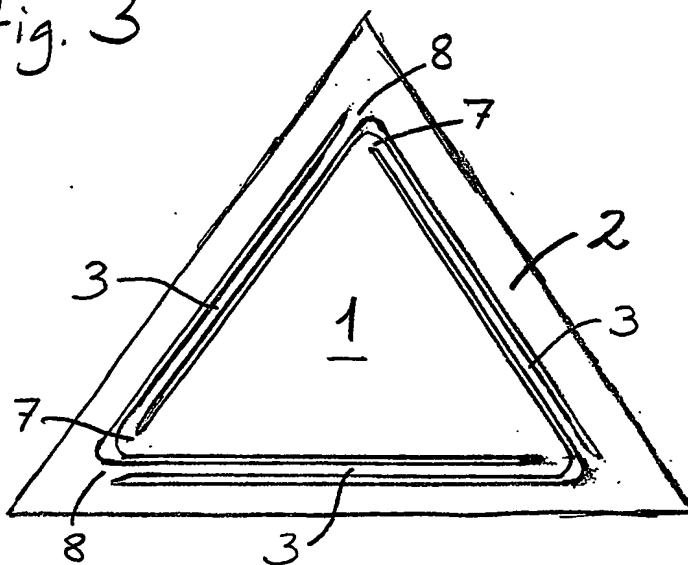


Fig. 4

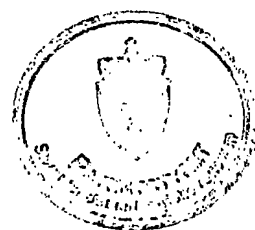
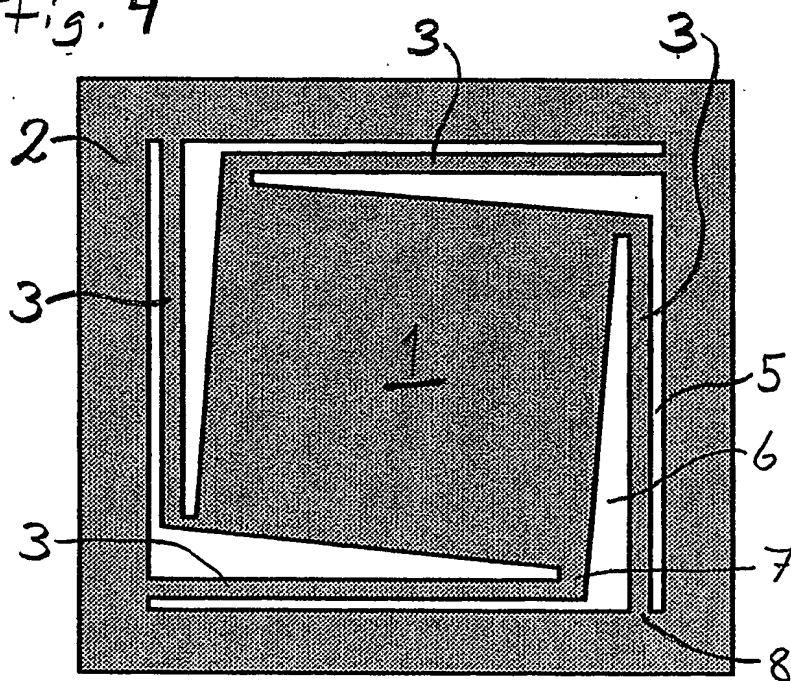


Fig. 5

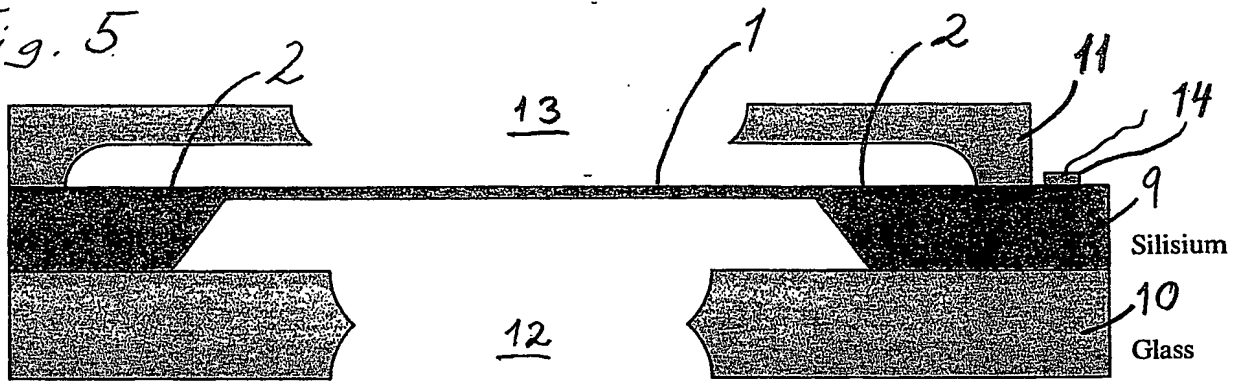


Fig. 6

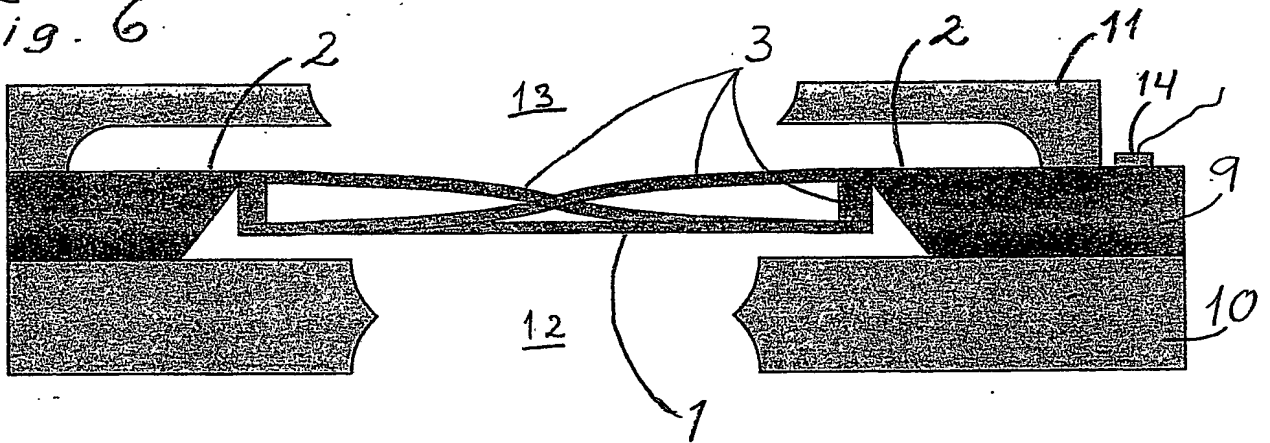


Fig. 7

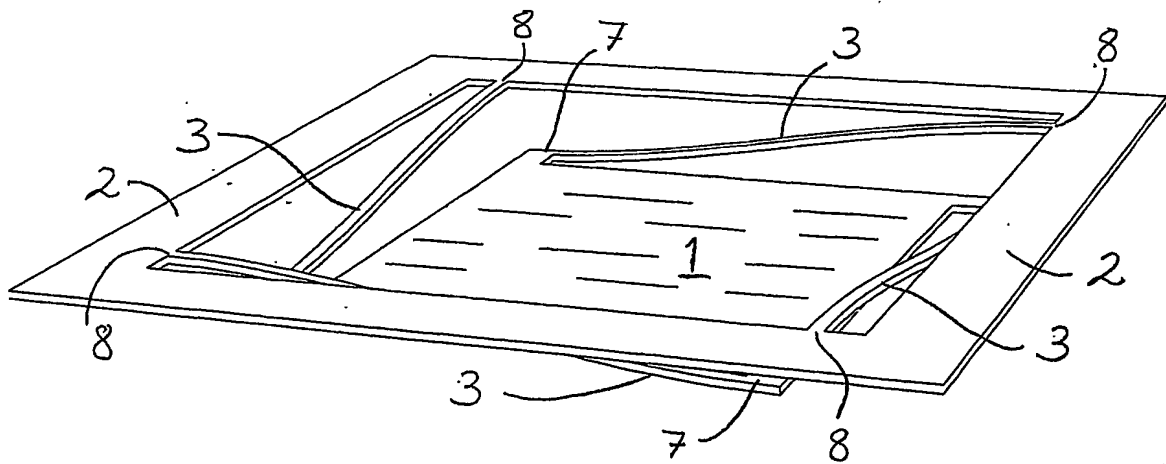


Fig. 8

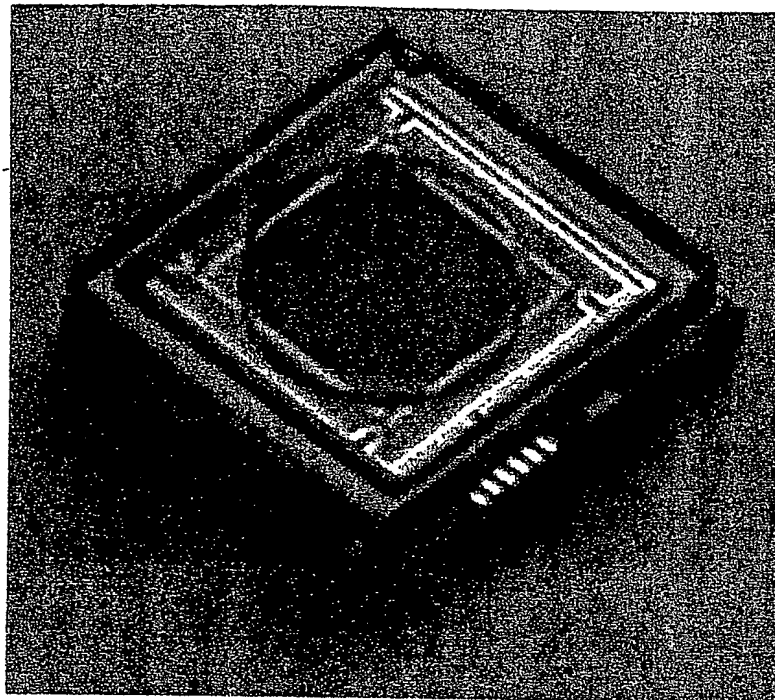


Fig. 9

